

VERSO IL 2050

Con le scuole per un futuro sostenibile

2 marzo 2022

Dall'idrogeno grigio all'idrogeno verde

Stefano Caserini, Simone Angioni, Lorenzo Privitera

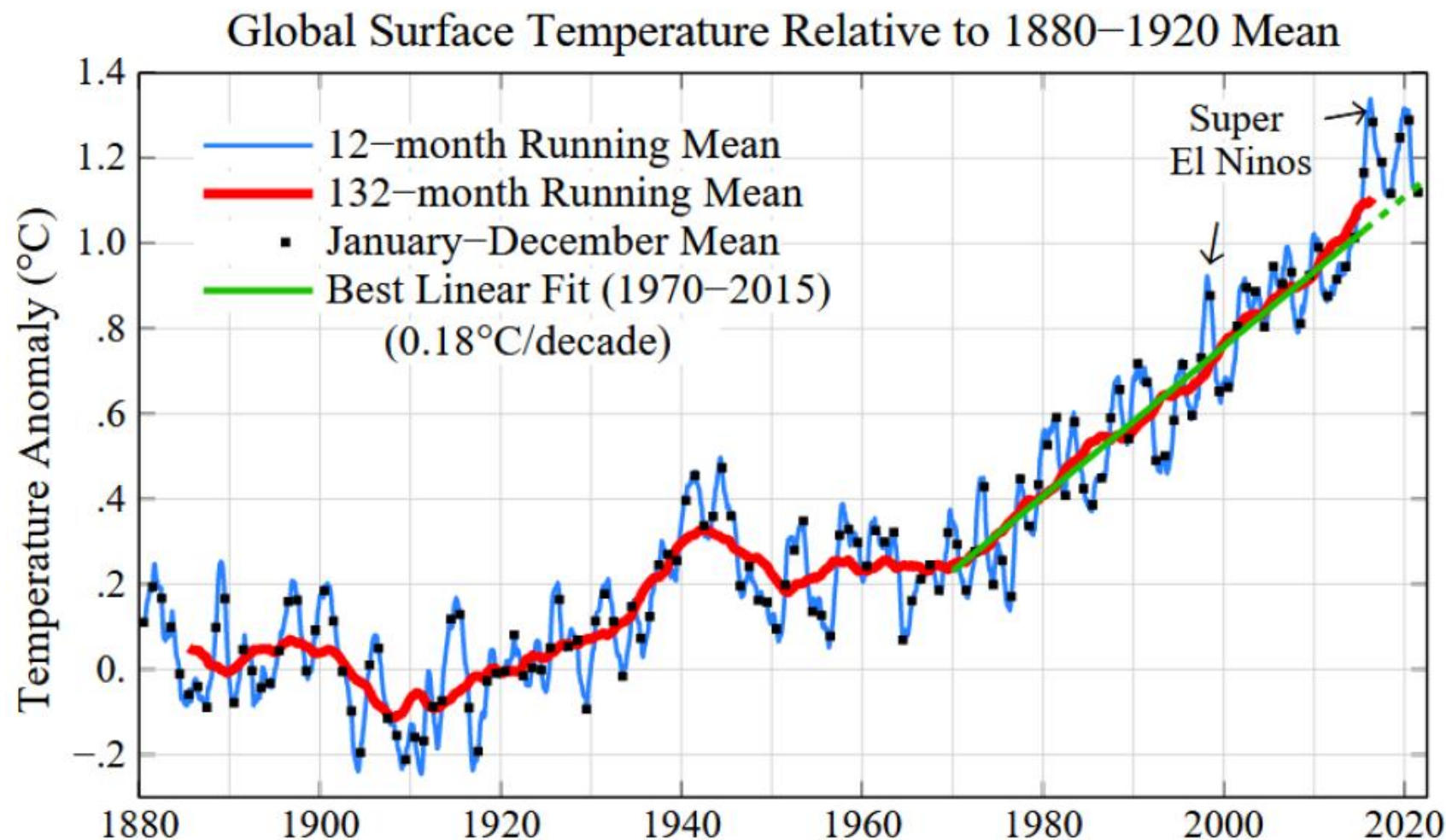
2 marzo 2022

Introduzione

Stefano Caserini

Andamento delle temperature globali

Dal 1880 al 2021



Source: Hansen et al., 2021, Global Temperature in 2021

Variazione della temperatura della superficiale globale

La variazione delle temperature degli ultimi 50 anni è senza precedenti da migliaia di anni.

Variazione delle temperature rispetto
alla media 1850-1900



Variazione della temperatura superficiale globale (media decennale) come **ricostruita** (1-2000) e **osservata** (1850-2020)

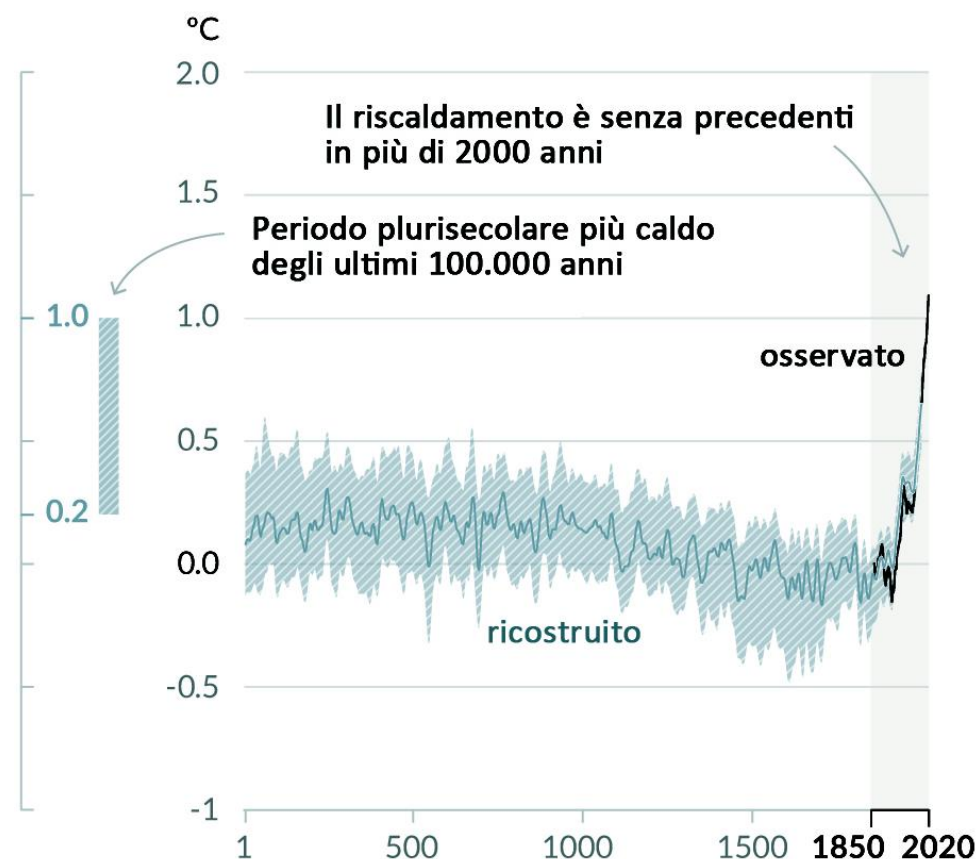


Figure SPM.2: Observed global and regional impacts on ecosystems and human systems attributed to climate change



(a) Observed impacts of climate change on ecosystems

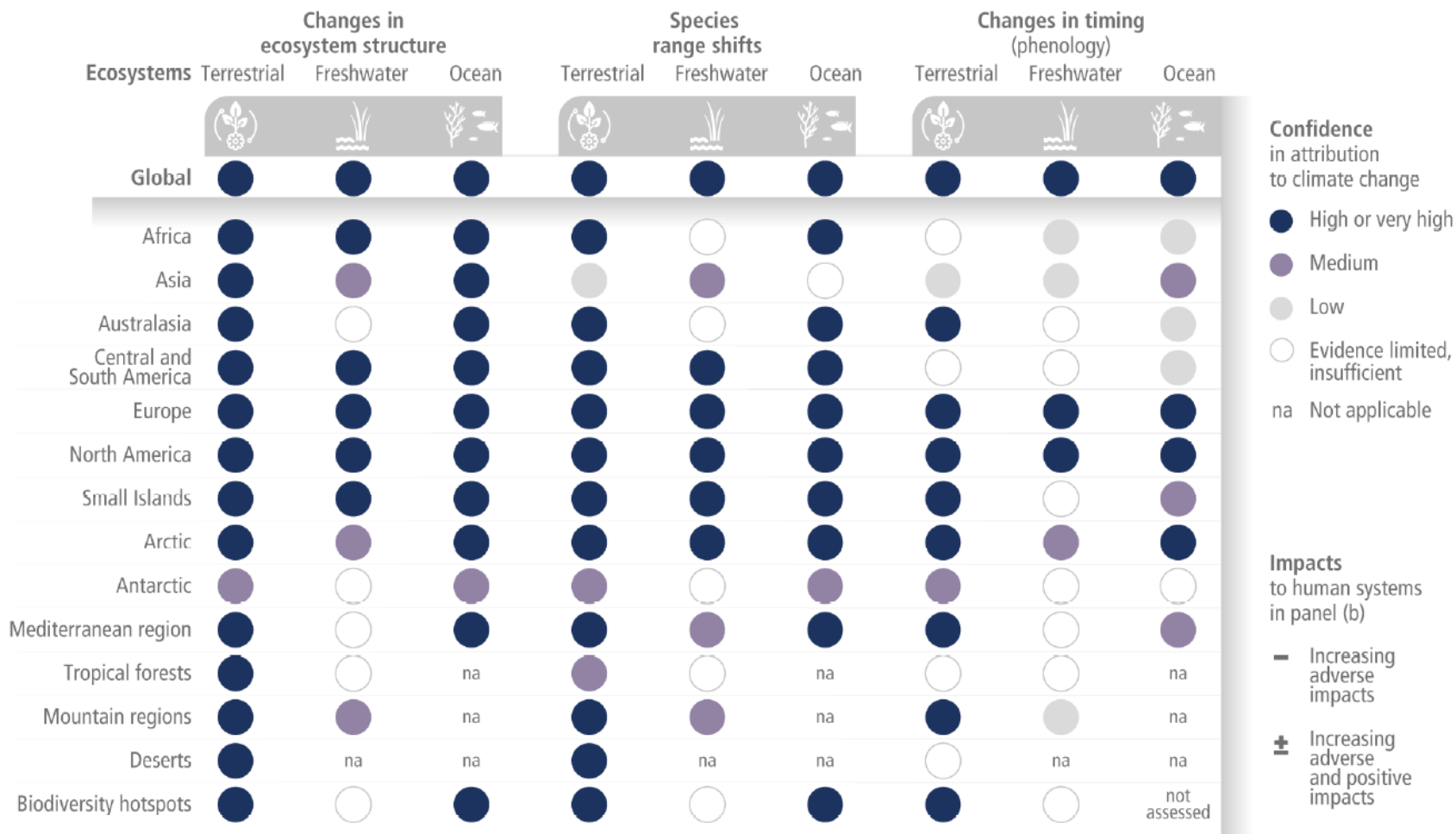


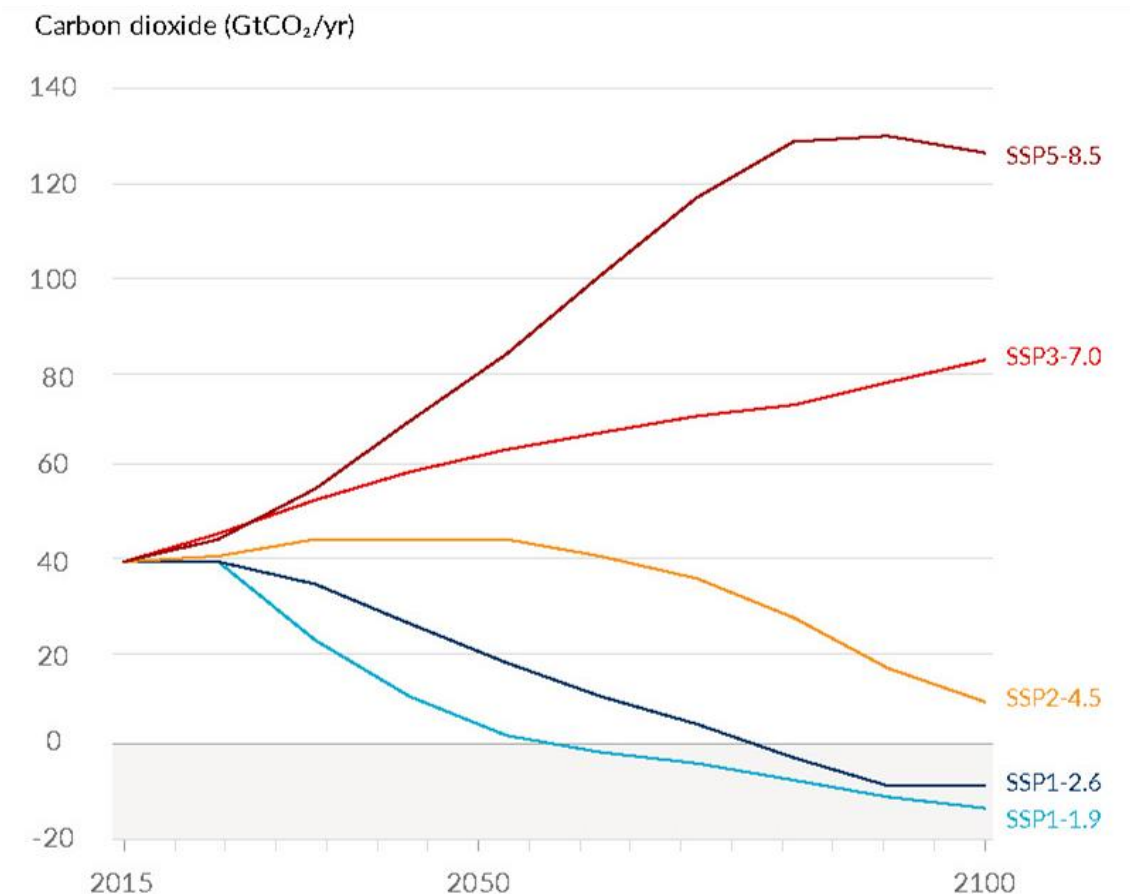
Figure SPM.2: Observed global and regional impacts on ecosystems and human systems attributed to climate change



(b) Observed impacts of climate change on human systems

Human systems	Impacts on water scarcity and food production				Impacts on health and wellbeing				Impacts on cities, settlements and infrastructure			
	Water scarcity	Agriculture/crop production	Animal and livestock health and productivity	Fisheries yields and aquaculture production	Infectious diseases	Heat, malnutrition and other	Mental health	Displacement	Inland flooding and associated damages	Flood/storm induced damages in coastal areas	Damages to infrastructure	Damages to key economic sectors
Global	+	-	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Africa	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Asia	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Australasia	+	-	+	-	-	-	-	not assessed	-	-	-	-
Central and South America	+	-	+	-	-	-	not assessed	-	-	-	-	-
Europe	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
North America	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Small Islands	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Arctic	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Cities by the sea	○	○	○	-	○	-	not assessed	-	○	-	-	-
Mediterranean region	-	-	-	-	-	-	not assessed	-	+	-	○	-
Mountain regions	+	+	-	○	-	-	-	-	-	na	-	-

Diversi scenari di emissioni portano a diverse conseguenze sul sistema climatico



Fonte: IPCC, 2021 AR6-WG1, SPM

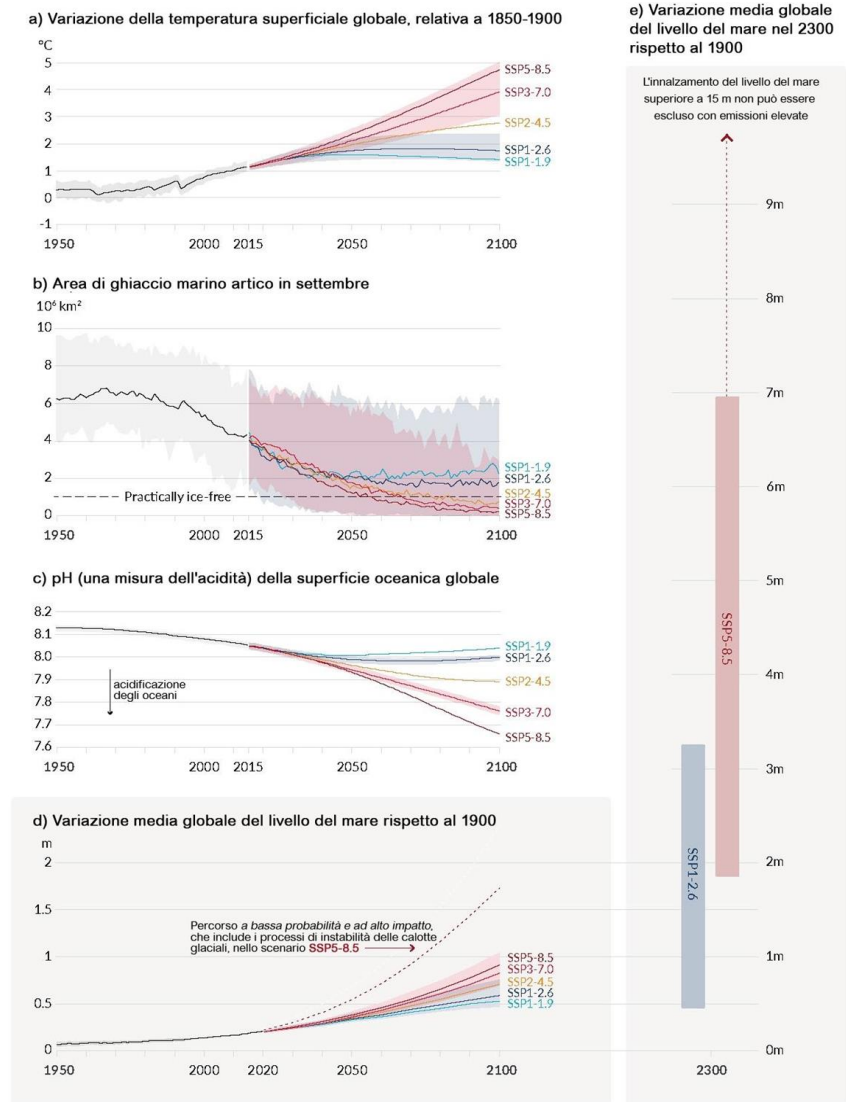
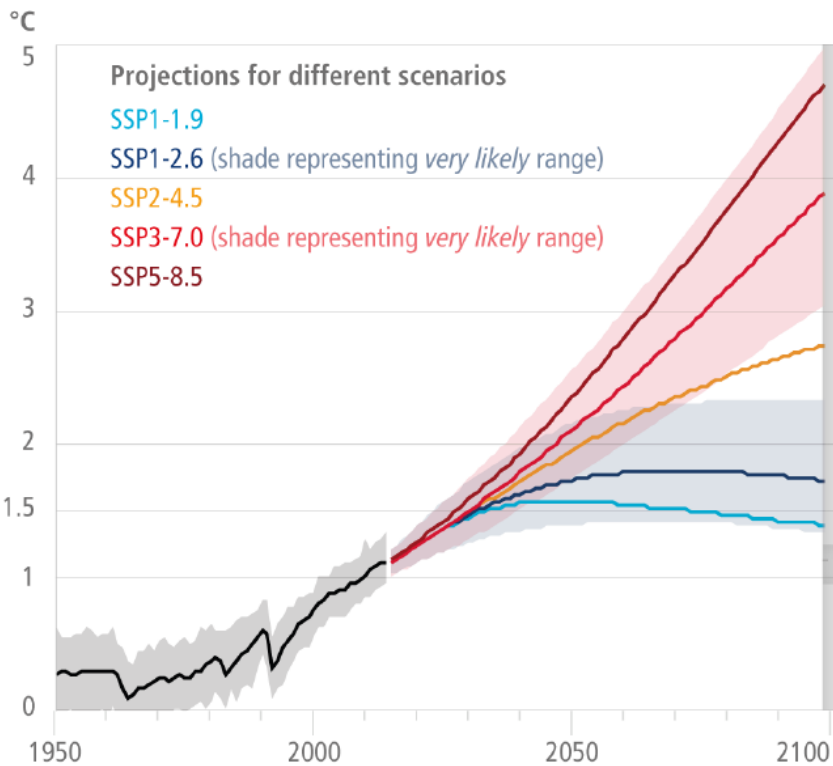


Figure SPM.3: Synthetic diagrams of global key risks

Global and regional risks for increasing levels of global warming



(a) Global surface temperature change
Increase relative to the period 1850–1900



(b) Reasons for Concern (RFC)
Impact and risk assessments assuming low to no adaptation

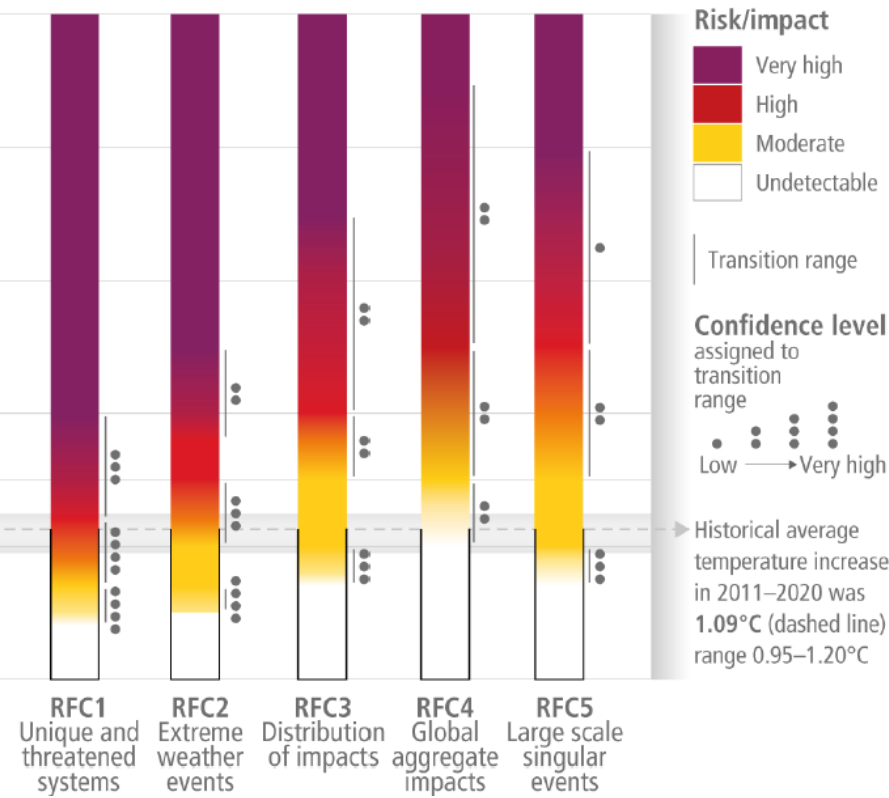
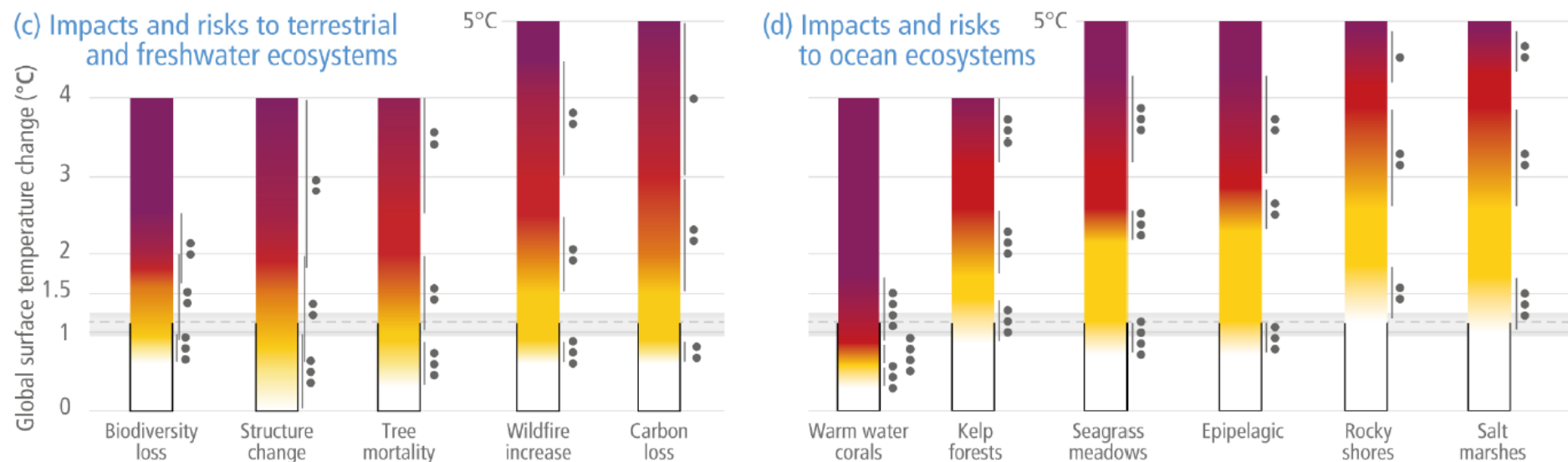


Figure SPM.3: Synthetic diagrams of global key risks



«...mantenere l'aumento della temperatura media globale ben al di sotto di 2 °C rispetto ai livelli pre-industriali, e perseguire sforzi volti a limitare l'aumento di temperatura a 1,5 °C»
(Art.2, Accordo di Parigi)

I have seen many scientific reports in my time, but nothing like this.
Today's IPCC report is an atlas of human suffering and a damning indictment of failed climate leadership.
With fact upon fact, this report reveals how people and the planet are getting clobbered by climate change.
Nearly half of humanity is living in the danger zone – now.
Many ecosystems are at the point of no return – now.
The facts are undeniable.
This abdication of leadership is criminal.
...
I know people everywhere are anxious and angry.
I am, too.
Now is the time to turn rage into action.
Every fraction of a degree matters.
Every voice can make a difference.



The Secretary-General - Remarks to press conference launch of IPCC report, Geneva, 28 February 2022

Ho visto molti rapporti scientifici nella mia vita, ma mai niente di simile.
Il rapporto odierno dell'IPCC è un atlante della sofferenza umana e un atto d'accusa schiacciante contro la fallita leadership climatica.
Con fatti su fatti, questo rapporto rivela come le persone e il pianeta sono presi di mira dai cambiamenti climatici.
Quasi la metà dell'umanità vive in una zona di pericolo, ora.
Molti ecosistemi sono al punto di non ritorno, ora.
I fatti sono innegabili.
Questa abdicazione alla leadership è criminale.
...
So che ovunque le persone sono ansiose e arrabbiate.
Lo sono anche io.
Ora è il momento di trasformare la rabbia in azione.
Ogni frazione di grado conta.
Ogni voce può fare la differenza.



Il Segretario Generale delle Nazioni Unite
Commento alla conferenza stampa di lancio del rapporto IPCC, Ginevra, 28 /2/ 2022

Cosa stiamo facendo?
Cosa possiamo fare?

13

Cosa possiamo fare?

- Negare il problema
- Rinviarlo o affrontarlo in modo superficiale («inattivismo»)
- Fingere di affrontarlo seriamente («greenwashing»)
- **Affrontarlo seriamente (cogliendo le opportunità)**

Cosa possiamo fare per affrontare seriamente il problema dei cambiamenti climatici?

Riconoscere

l'esistenza del problema dei cambiamenti climatici:
smettere di negare, di rinviare

Comprendere

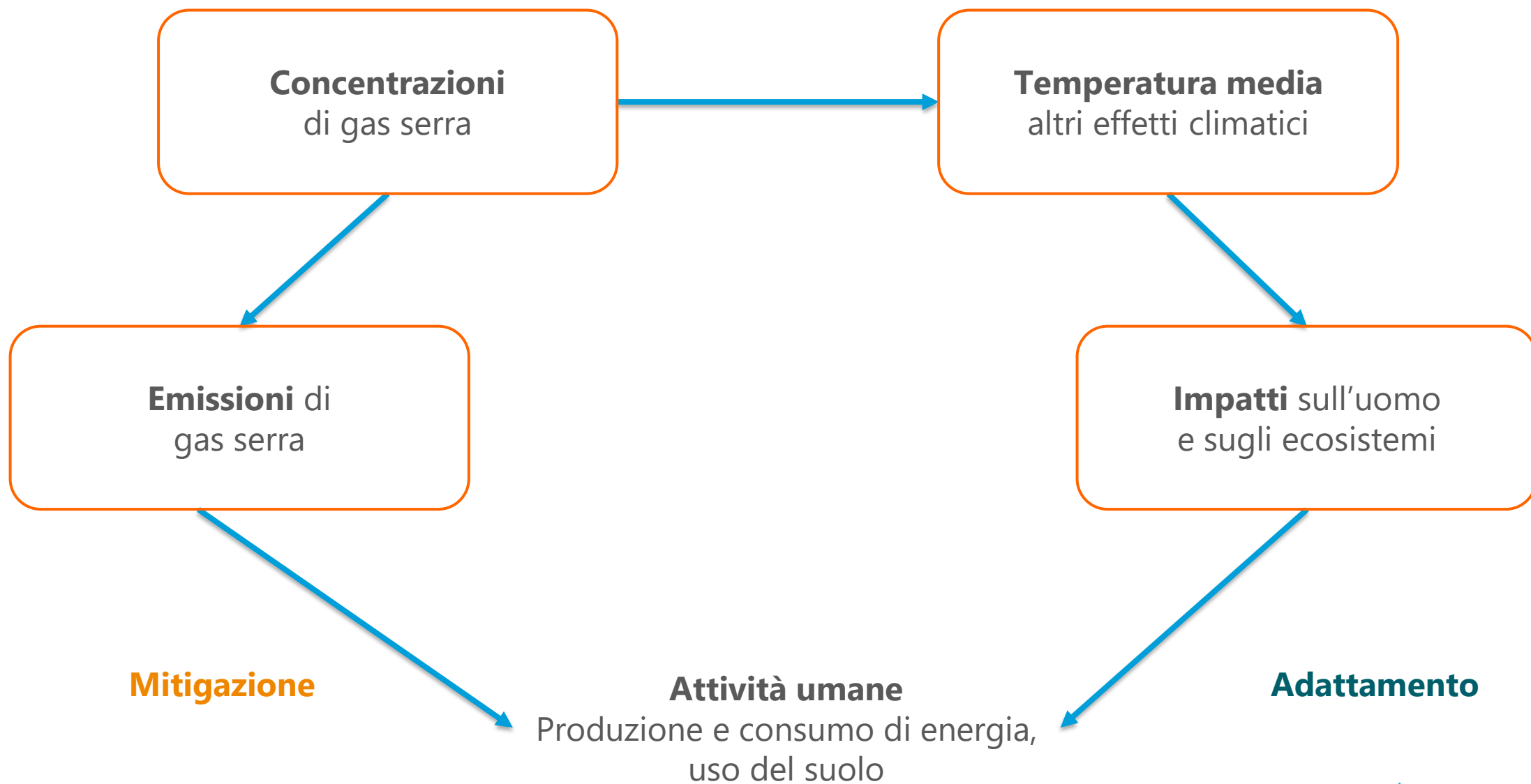
meglio quello che sta succedendo e che succederà,
i motivi diretti e profondi

Adattarsi

ai cambiamenti climatici: ridurre i danni dei cambiamenti climatici in atto e inevitabili in futuro

Mitigare

i cambiamenti climatici: ridurre le emissioni e potenziare gli "assorbimenti" delle foreste

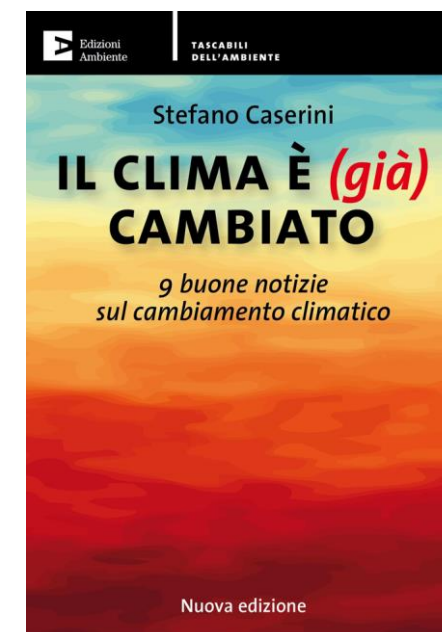


Le azioni di mitigazione hanno molti co-benefici

Le politiche sul clima permettono di rispondere anche ad altri importanti obiettivi strategici:

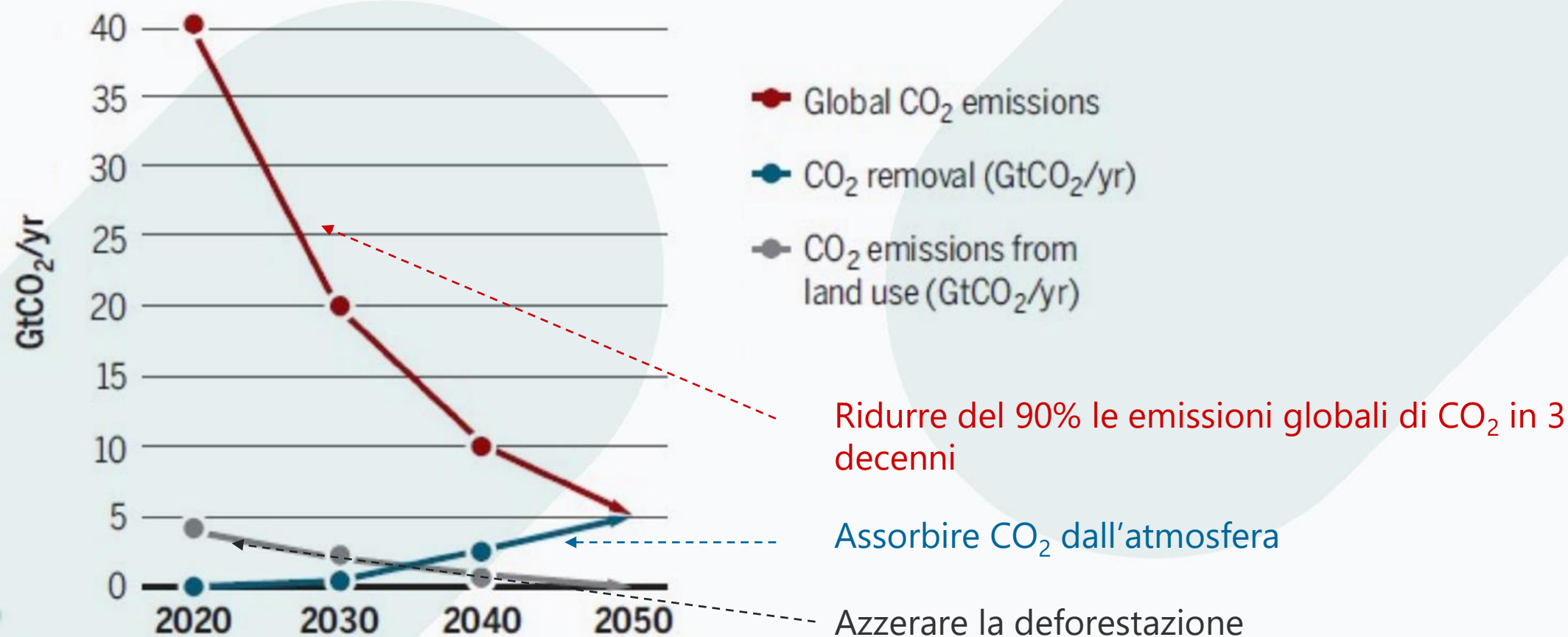
- sicurezza nell'approvvigionamento energetico
- riduzione dei costi per l'importazione dell'energia
- miglioramento della qualità dell'aria
- competitività nel settore delle nuove tecnologie
- sviluppo di nuovi posti di lavoro
- minori conflitti geopolitici.

Gli investimenti per le politiche sul clima non sono solo costi. Ma i costi e i benefici delle azioni di mitigazione sono distribuiti in modo non uniforme nello spazio e nel tempo.



La dimensione della sfida

Prendere sul serio l'Accordo di Parigi comporta drastiche riduzioni delle emissioni in tempi rapidi

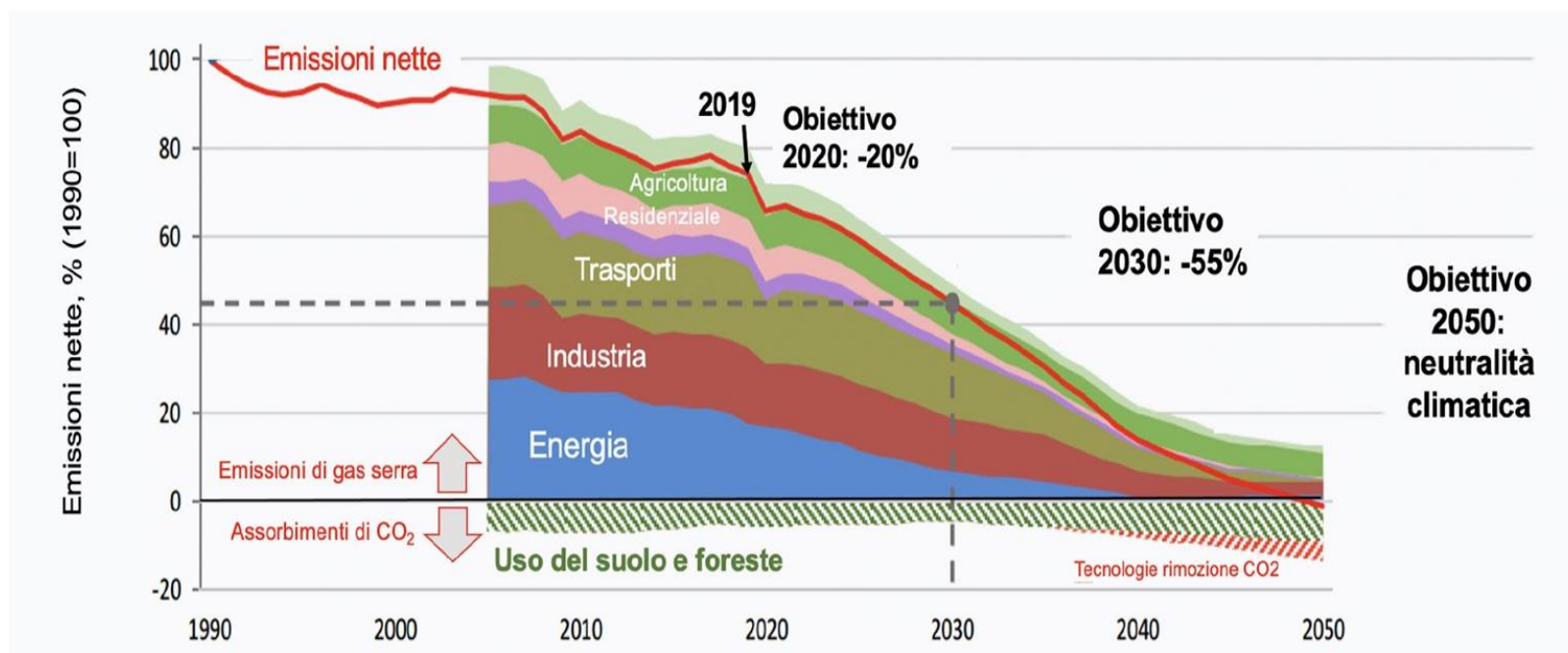


Fonte: Rockstrom et al., 2017, A roadmap for rapid decarbonization. Science, vol. 355, issue 6331, 1269-1271

EUROPEAN GREEN DEAL e Legge europea sul clima

- obiettivo di neutralità climatica al 2050
- rialzo dell'obiettivo di riduzione delle emissioni di gas serra europee nel 2030: da -40% a -55% rispetto ai livelli del 1990»
- → nuovo impegno nell'Accordo di Parigi

Riassunto: obiettivi climatici dell'Unione Europea al 2020, 2030 e 2050



«FIT FOR 55»

- Revision of the EU Emissions Trading System (**ETS**), including maritime, aviation and CORSIA as well as a proposal for ETS as own resource
- Carbon Border Adjustment Mechanism (**CBAM**) and a proposal for CBAM as own resource
- Effort Sharing Regulation (**ESR**)
- Revision of the Energy Tax Directive
- Amendment to the Renewable Energy Directive to implement the ambition of the new 2030 climate target (**RED**)
- Amendment of the Energy Efficiency Directive to implement the ambition of the new 2030 climate target (**EED**)
- Reducing methane emissions in the energy sector
- Revision of the Regulation on the inclusion of greenhouse gas emissions and removals from land use, land use change and forestry (**LULUCF**)
- Revision of the Directive on deployment of alternative fuels infrastructure
- Revision of the Regulation setting CO₂ emission performance standards for new passenger cars and for new light commercial vehicles

STRATEGIA ITALIANA DI LUNGO TERMINE SULLA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DEI GAS A EFFETTO SERRA

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Ministero dello Sviluppo Economico

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

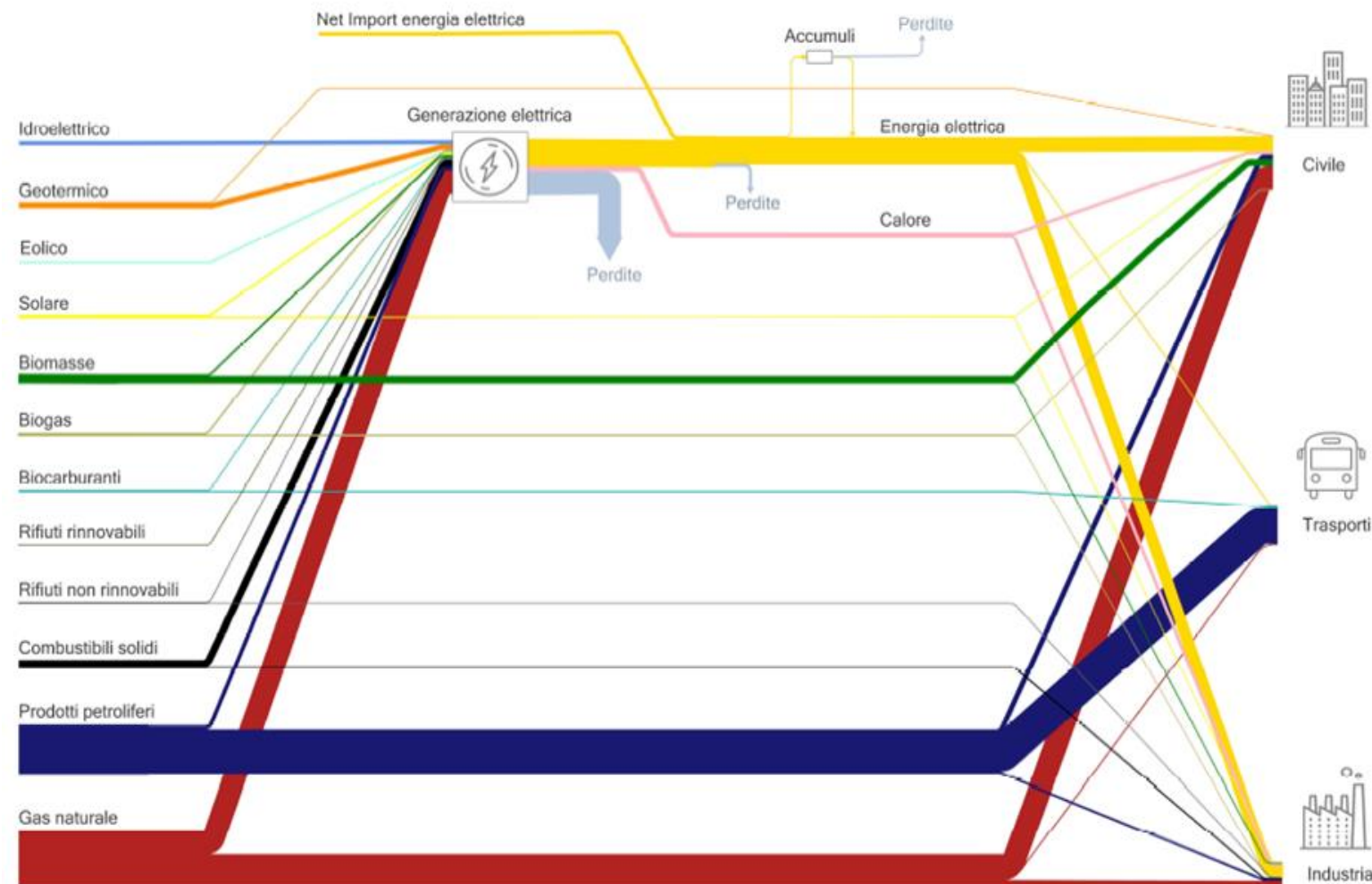
Ministero delle Politiche agricole, Alimentari e Forestali

Gennaio 2021

MATTM, MISE, MIT, MPAF (2021) Strategia italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra

Bilancio energetico Italia 2018

Fonte: Eurostat



STRATEGIA ITALIANA DI LUNGO TERMINE SULLA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI DEI GAS A EFFETTO SERRA

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Ministero dello Sviluppo Economico

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

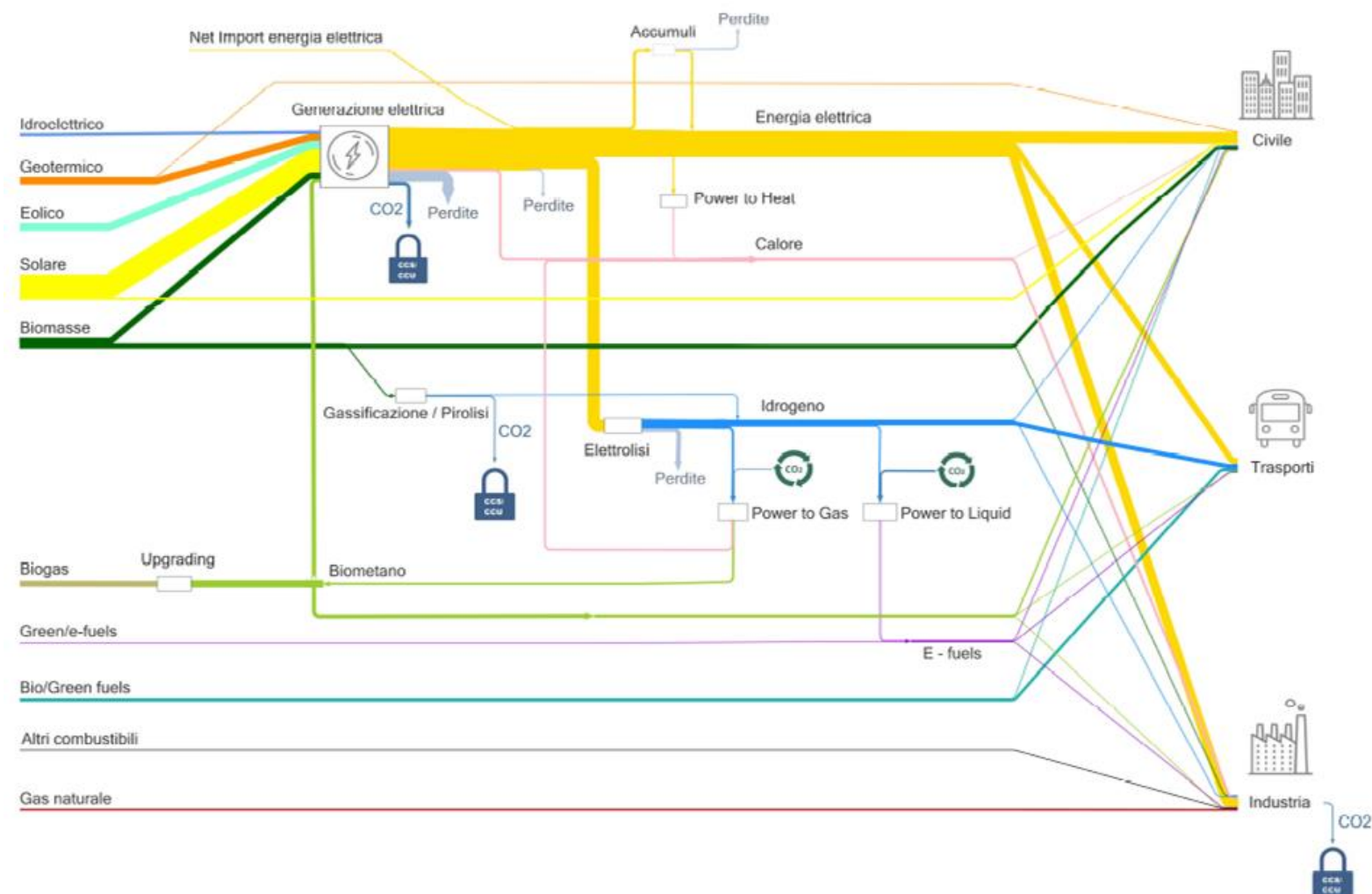
Ministero delle Politiche agricole, Alimentari e Forestali

Gennaio 2021

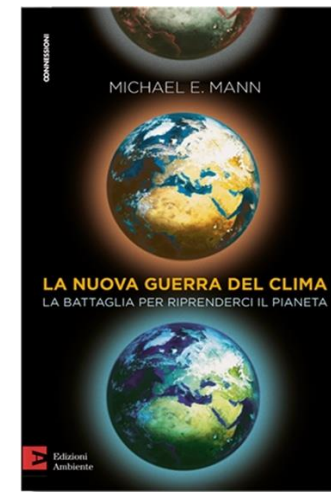
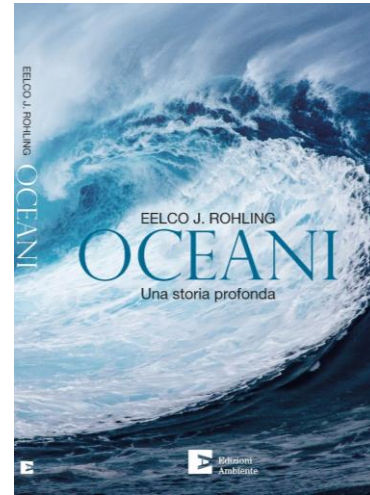
MATTM, MISE, MIT, MPAF (2021) Strategia italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra

Bilancio energetico Italia 2050 Scenario di decarbonizzazione

Fonte: RSE

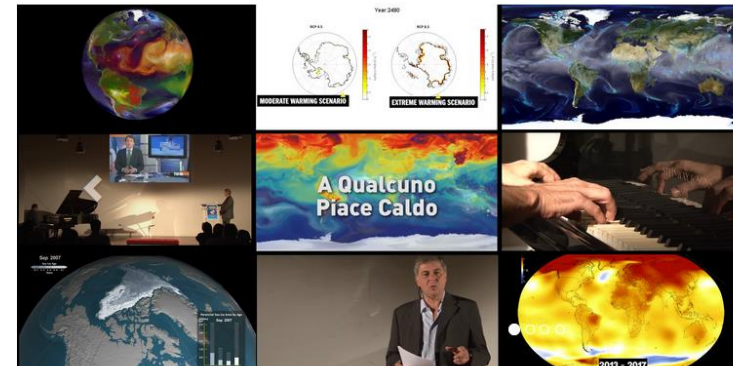


www.climalteranti.it www.caserinik.it @caserinik
www.italiaclima.org



gratis su:
www.caserinik.it/aqpc

A qualcuno piace caldo - Incontro
spettacolo sul clima che cambia
www.aqualcunopiacecaldo.it



GRAZIE

Dall'idrogeno grigio all'idrogeno verde

Simone Angioni, Lorenzo Privitera

Indice

01	L'idrogeno	27
02	I colori	36
03	Le applicazioni	46
04	Idrogeno ed energia	55
05	Il futuro	65

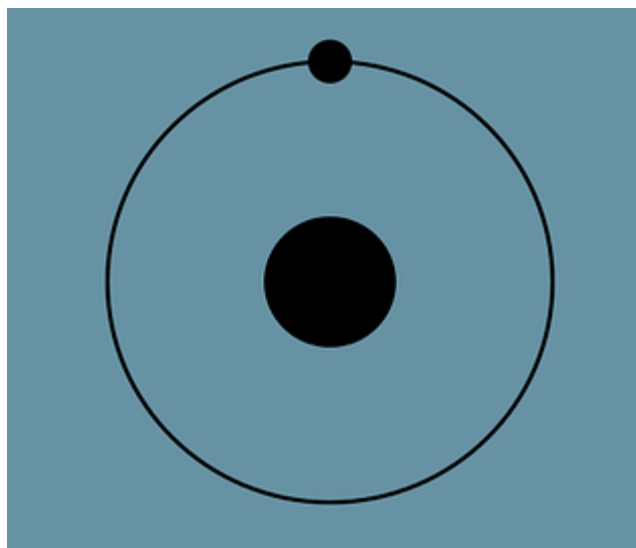


L'idrogeno

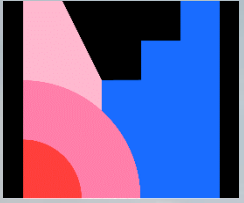
L'atomo di idrogeno

L'idrogeno è il primo elemento della tavola periodica ed è l'atomo più piccolo conosciuto.

E' composto da solo un protone e un elettrone



Group →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
↓ Period															
1	1 H														
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb
6	55 Cs	56 Ba		72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi
7	87 Fr	88 Ra		104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup
Lanthanides	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm		
Actinides	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md		



Dove trovo l'idrogeno?



L'atomo di idrogeno

Si tratta dell'atomo più
abbondante nell'intero universo

Dalle nebulose all'acqua, si trova
praticamente ovunque

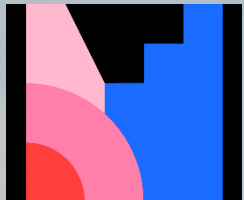


L'atomo di idrogeno

Sulla Terra, l'idrogeno si trova quasi sempre legato ad altri atomi formando gran parte delle molecole che ci circondano e che sono fondamentali per la nostra sopravvivenza sul pianeta.

Degli atomi che compongono il nostro corpo, oltre il 60% sono atomi di idrogeno.



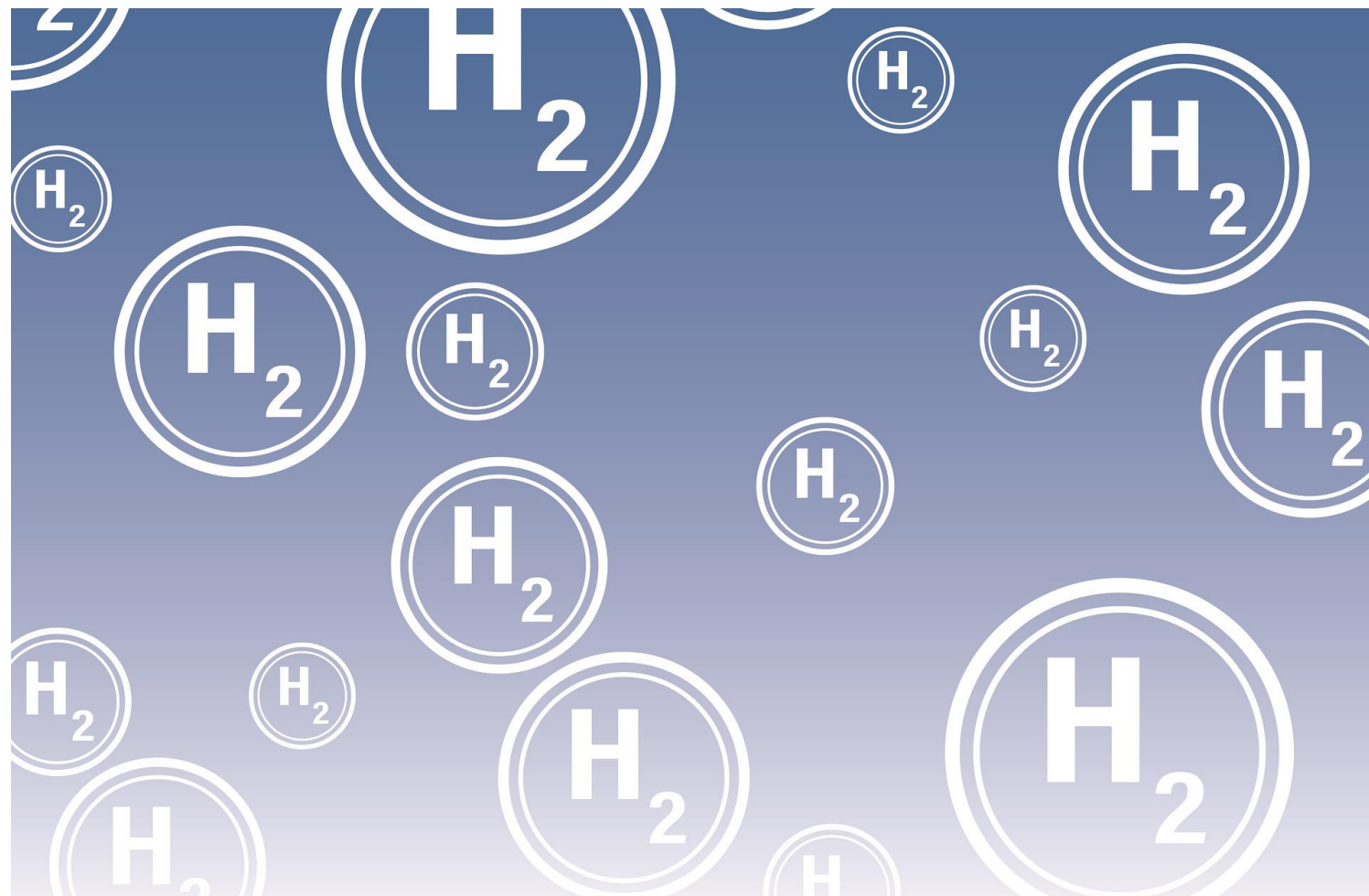


Cosa NON contiene idrogeno?



L'idrogeno molecolare

Tutto l'idrogeno dell'universo deriva dal Big Bang e, se non interagisce con altri atomi, può farlo con sé stesso formando un gas incolore e inodore.



L'idrogeno molecolare

L'idrogeno nella sua forma gassosa (H_2) è molto raro sul nostro pianeta.

Nonostante ciò, quando sentiamo parlare di idrogeno per scopi energetici, ci si sta riferendo proprio a questo gas.



L'idrogeno e l'energia

Il potere calorifico



Legna
18 MJ/kg



Carbone
33MJ/Kg



Idrogeno
140 MJ/Kg



I colori

36

I colori dell'idrogeno

L'idrogeno gassoso è molto raro sul pianeta, quindi per poterlo usare come fonte di energia, dobbiamo prima trovare un modo per produrlo.

E qui incominciano i primi problemi...

L'idrogeno è molto raro sulla Terra...



...usiamolo come fonte di energia
alternativa alle fonti fossili

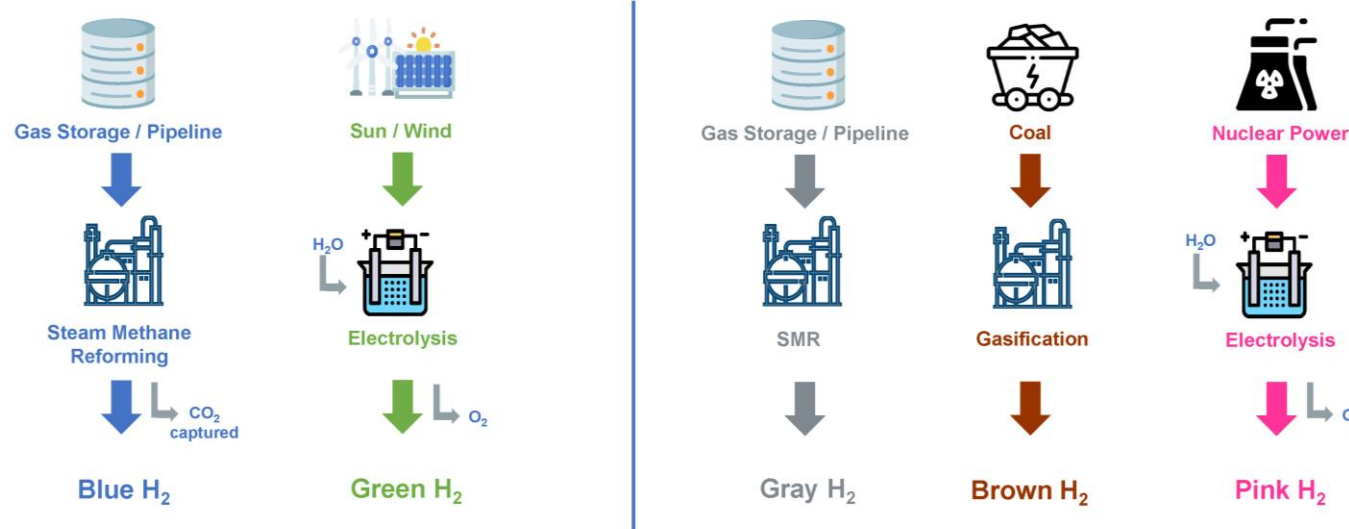
I colori dell'idrogeno

L'idrogeno non è una fonte primaria di energia, ma un vettore.

Sostanzialmente, per poterlo produrre ho bisogno di un'altra fonte di energia.

Ai ogni tipo di energia utilizzata per generare idrogeno è stato associato un colore.

Simplified Hydrogen Production Pathways



Icons made by Freepik from www.flaticon.com

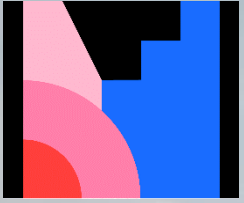
I colori dell'idrogeno

Odio la classificazione a colori!

Facciamo un riassuntino

L'idrogeno gassoso viene prodotto in 2 modi:

- Da combustibili fossili → produco anidride carbonica
- Da elettrolisi dell'acqua → ho bisogno di energia elettrica



Fonti primarie e secondarie

Quali tra queste non è una fonte primaria di energia?



Come produco l'idrogeno?

Se uso combustibili fossili produco gas climalteranti

Se uso l'elettrolisi ho bisogno di corrente che, guarda caso, non è un fonte primaria

Se produco la corrente con il carbone o con il gas emetto comunque anidride carbonica e altri inquinanti



L'idrogeno sostenibile

Il fulcro del discorso è uno solo:

Devo produrre idrogeno usando elettricità proveniente da fonti sostenibili che al momento sono:

- Fonti rinnovabili (sole, vento, acqua, etc)
- Uranio*

*uniformandoci alla bozza della tassonomia green EU



Sprechiamo energia!

Fonte primaria

Elettricità

Idrogeno



100 unità di energia



50 unità di energia



35 unità di energia

Perché mai allora dovrei sprecare elettricità per produrre idrogeno?

LOTTA AL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Idrogeno come ulteriore strumento della transizione verso un'economia a zero emissioni

Oggi il contenimento del surriscaldamento globale rimane una minaccia...

~580
GtonCO₂e

Carbon Budget: quanto possiamo ancora immettere in atmosfera per rimanere sotto la soglia dei +2°C

~40 GtonCO₂e

Emissioni medie anno: nel mondo le emissioni continuano a crescere (CAGR '00-'12: 2%)

~15 anni

Anni rimanenti: rispetto ai 30 preventivati (2050) quando dovremmo raggiungere zero emissioni

...abilitando l'idrogeno come ulteriore strumento per la decarbonizzazione

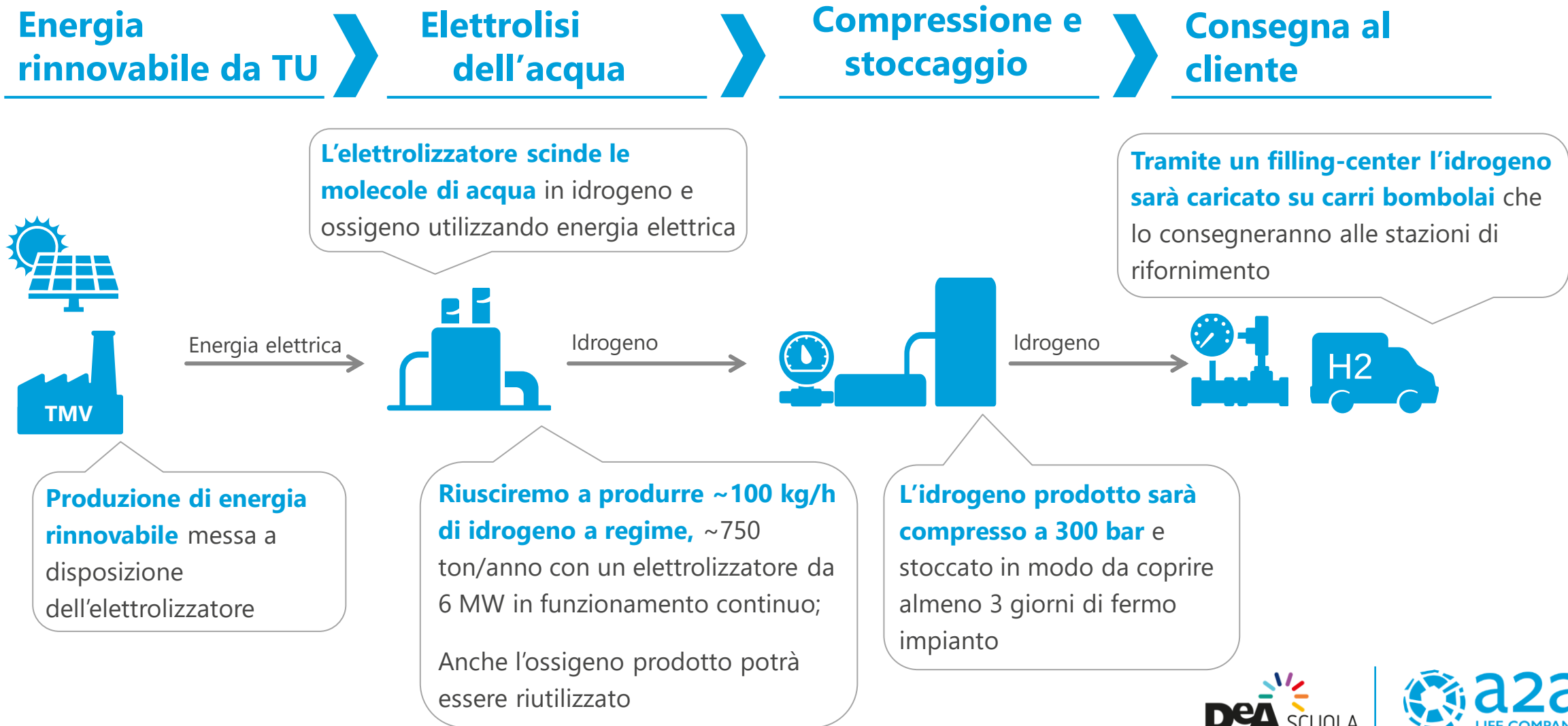
Elettrificazione dei consumi tramite energia rinnovabile rimane la **via prioritaria** per decarbonizzare...

...ma **rimangono settori dove non ci si potrà avvalere dell'energia elettrica "pulita"** sia per motivi tecnici che per motivi economici

È in questi casi che **l'idrogeno può portare il suo contributo alla decarbonizzazione**

Come funziona l'impianto

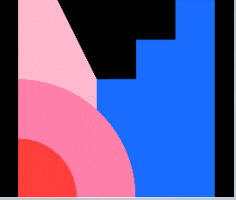
Rompiamo una molecola di acqua per ricavare idrogeno e poi lo consegniamo al consumatore





Le applicazioni

46



Per quali scopi l'idrogeno
è più utile dell'elettricità?



Le applicazioni

Ci sono settori dove l'elettrificazione è piuttosto complessa.

Es. una nave ha bisogno di molta energia per molto tempo senza potersi rifornire dalla rete elettrica.



Le applicazioni

Anche un aereo non potrebbe accumulare l'energia sufficiente per un volo usando delle batterie.



Le applicazioni

Un'applicazione importantissima è l'accumulo di energia per rispondere alle fluttuazioni della domanda e dell'offerta



Le applicazioni

Le fonti rinnovabili incostanti

Un'economia che vede un crescente contributo delle fonti rinnovabili per la produzione di energia, presto comincerà ad avere problemi di stabilità della rete.

Le tecnologie che usiamo per produrre energia da fonti rinnovabili come sole, vento e acqua non consentono una produzione costante 24 ore su 24.

Ad esempio il sole produrrà energia solo di giorno e solo se le condizioni meteo sono favorevoli. Se manca il sole o non c'è vento...

...cosa produrrà la corrente di cui abbiamo bisogno?

Attività in classe

Provate a ragionare con gli alunni sulle attività che richiedono energia quotidianamente e sulla provenienza di quella energia.

Cellulare



Fornello a gas



Le applicazioni

Accumulare l'energia elettrica prodotta dalle fonti rinnovabili durante il massimo della loro produzione aumenta la stabilità della rete e diminuisce gli sprechi.

L'idrogeno può essere utilizzato per questo scopo.



Hydrogen Valley Valcamonica

La prima realtà italiana grazie alla riconversione di una linea ferroviaria (Brescia-Iseo-Edolo)



- **Fornitura energia rinnovabile** dal termovalorizzatore di Brescia



- **Costruzione impianto di elettrolisi da 6 MW** (con scale-up a 21), compressione e stoccaggio



- **Fornitura H2 per riconversione flotta treni FNM** e trasporto pubblico locale su gomma a partire dal 2023



Assegnazione finanziamento europeo Innovation Fund Small Scale pari a **4,5 Mln€**





Idrogeno ed energia

55

Idrogeno ed energia

Una volta capite le potenzialità dell'idrogeno e individuati i sistemi di produzione, rimane da gestire un PICCOLISSIMO dettaglio: cosa me ne faccio di tutto questo idrogeno?

Quindi, come ottengo l'energia dall'idrogeno?

Idrogeno ed energia

Metodo 1

Brucio l'idrogeno come un qualsiasi combustibile

Pro:

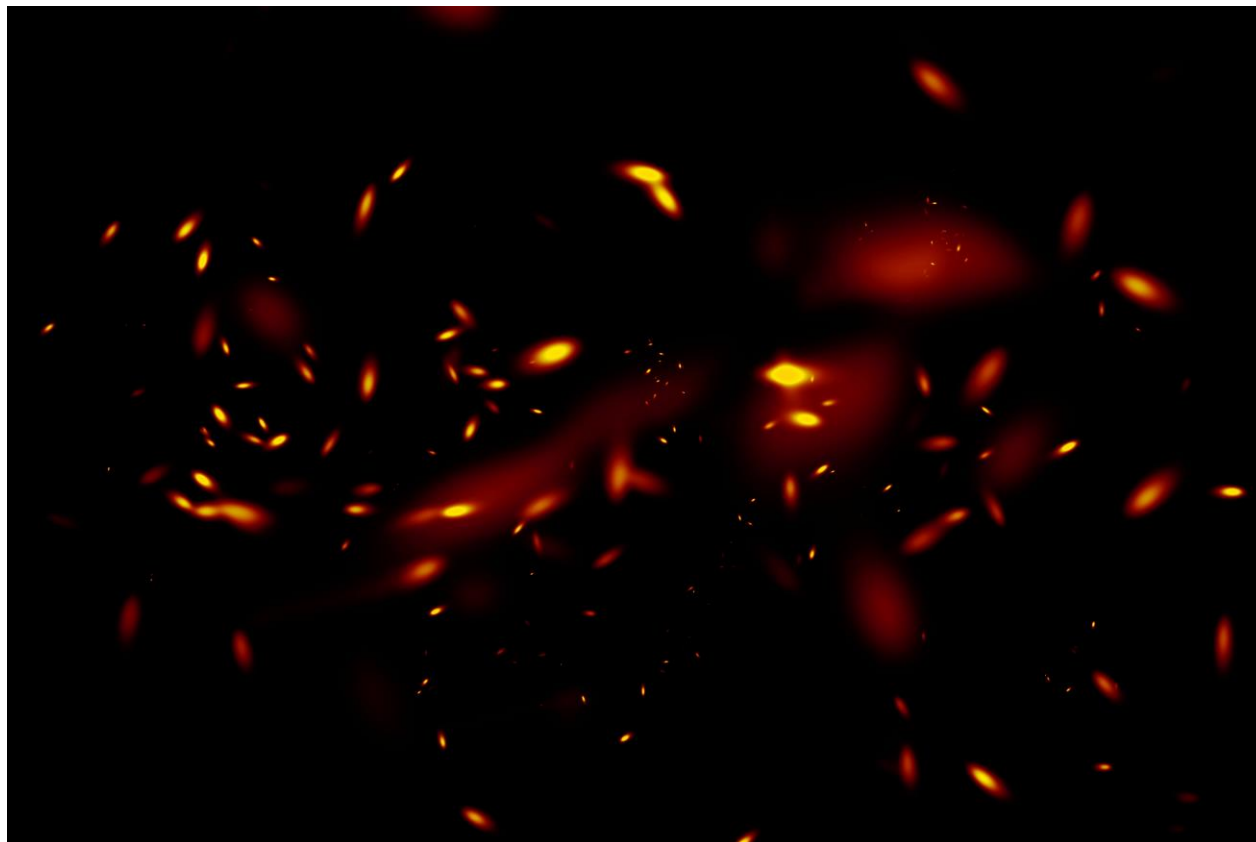
- non produco inquinanti

Contro:

- bassa efficienza
- rischio di esplosioni

Risultato:

- calore



Idrogeno ed energia

Metodo 2

Uso celle a combustibile

Pro:

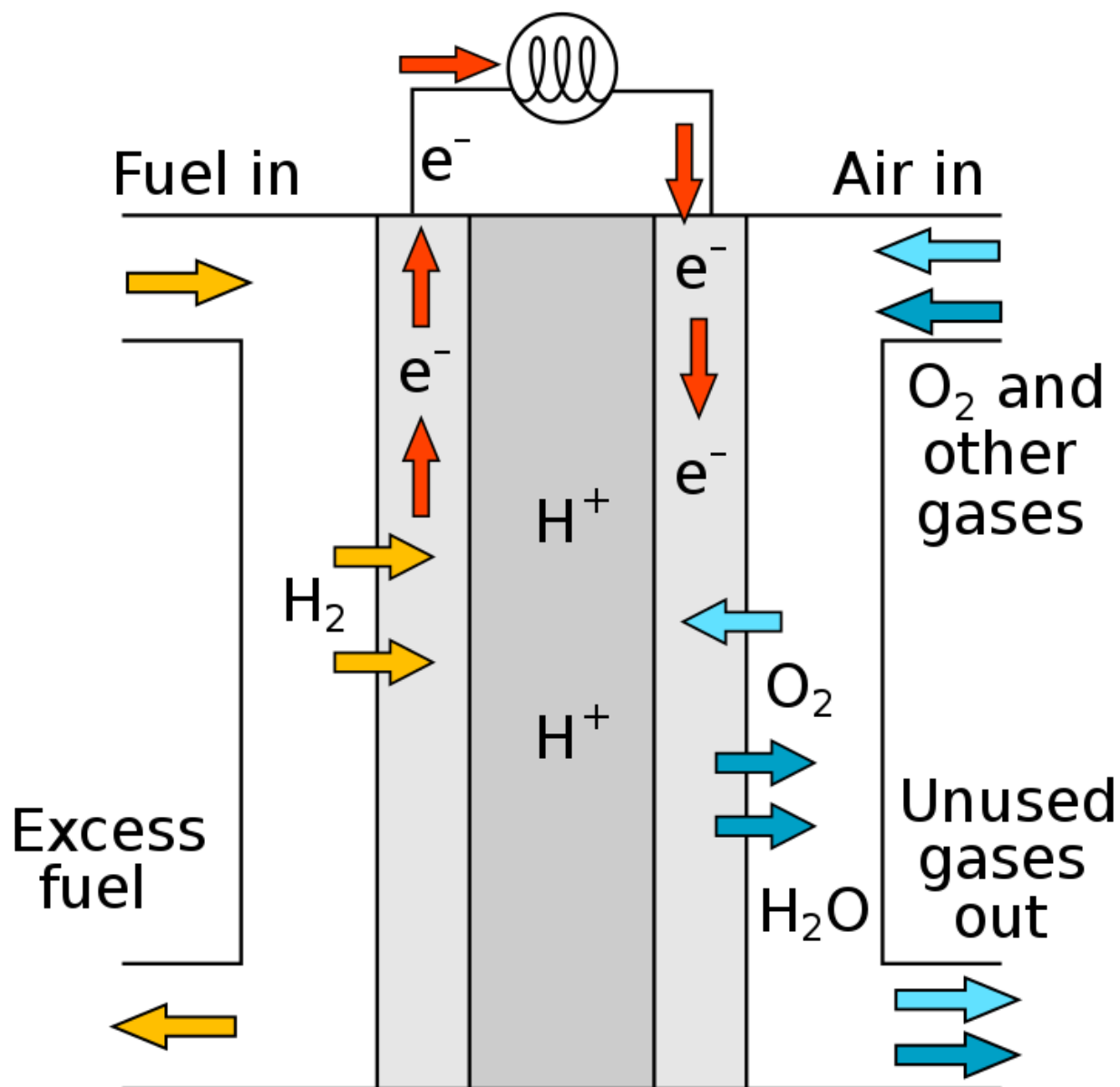
- non produco inquinanti
- alta efficienza
- minore rischio di incidenti

Contro:

- costi elevati

Risultato:

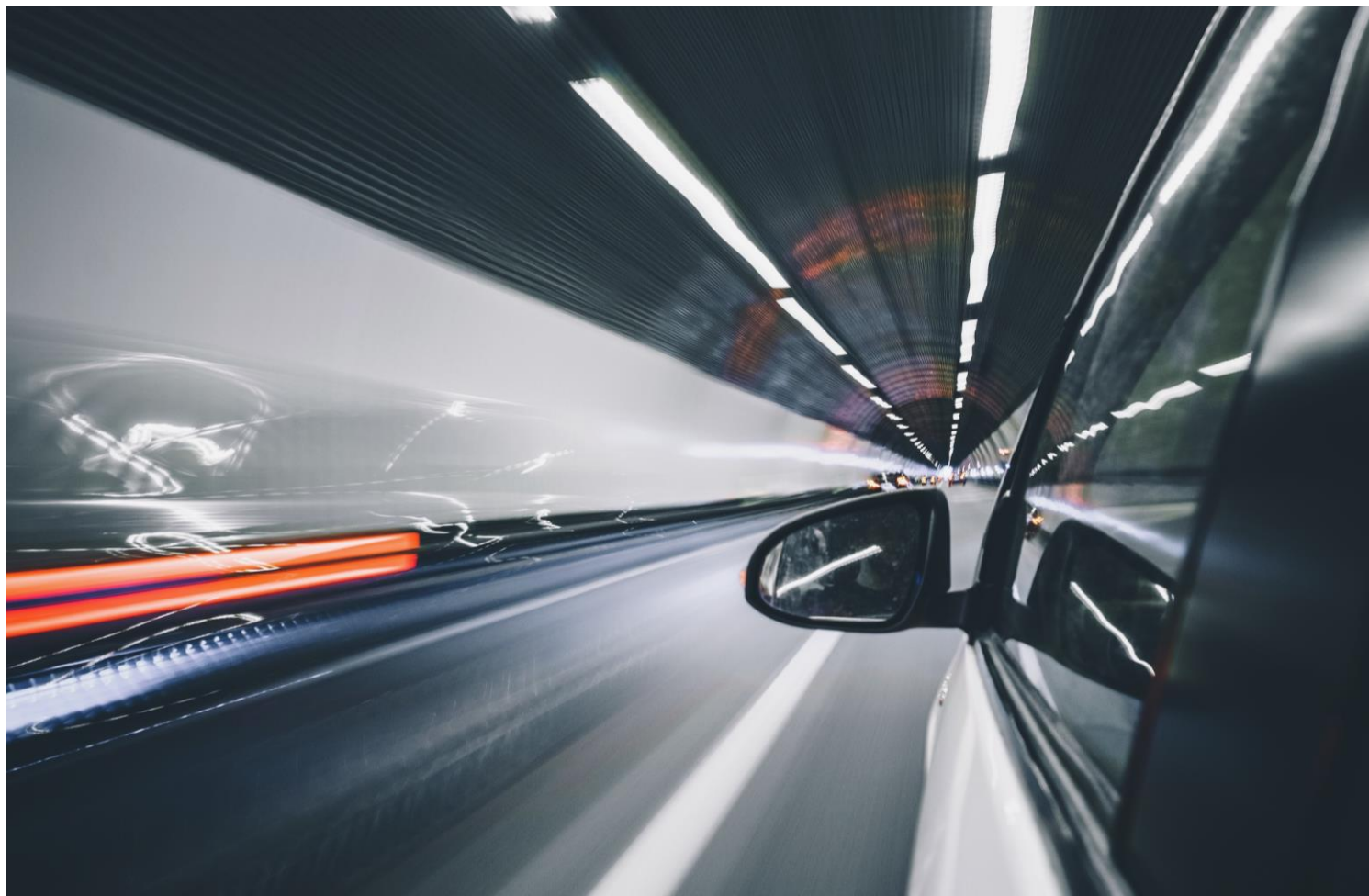
- elettricità



Idrogeno ed energia

- Le celle a combustibile hanno un'efficienza del 70-80%
- Producono elettricità e acqua a partire da idrogeno
- Sono al momento il metodo più promettente per la futura economia basata sull'idrogeno

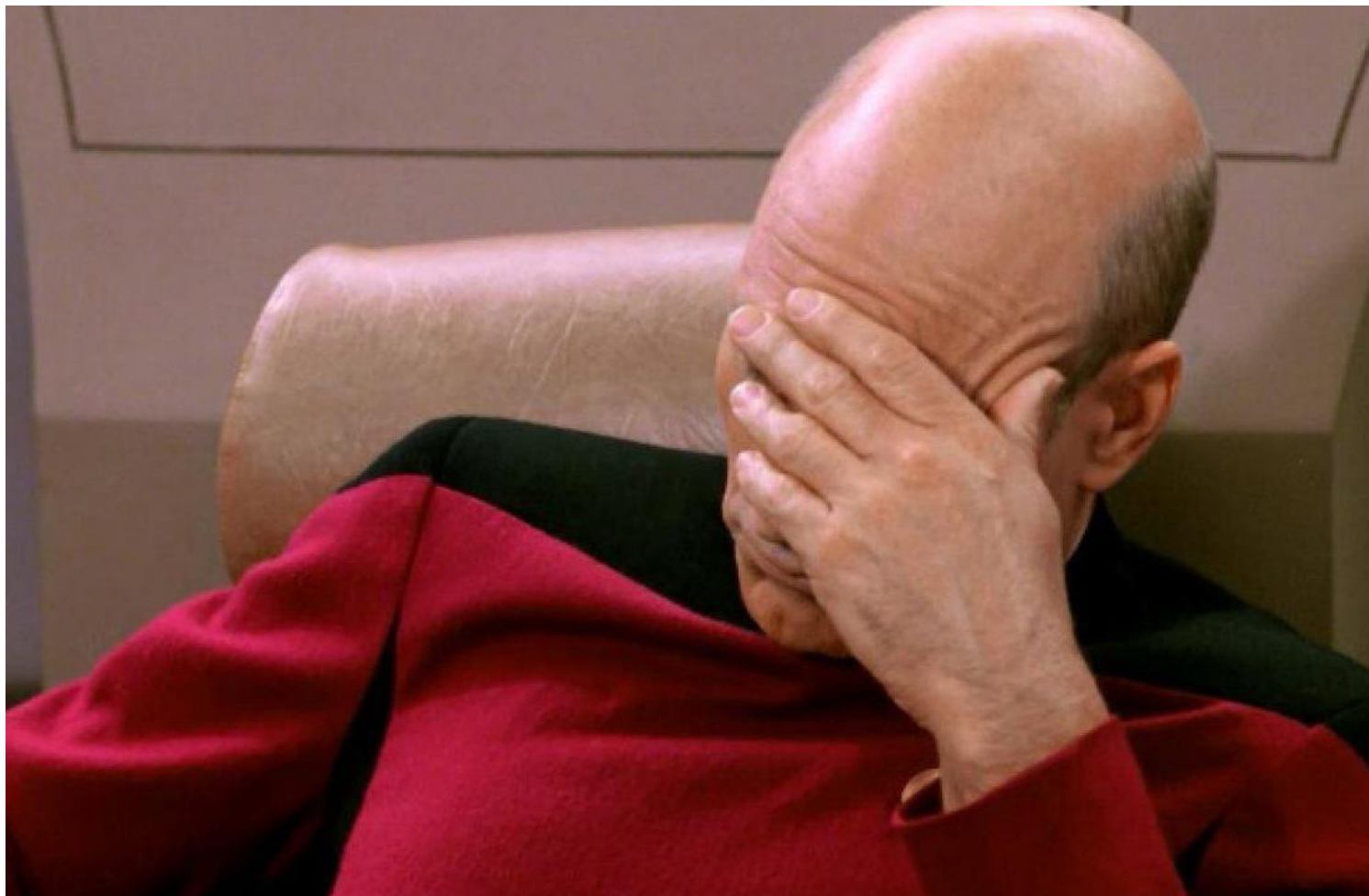
Tuttavia...



Idrogeno ed energia

L'idrogeno NON può rispondere a tutte le nostre esigenze a causa di alcune sue caratteristiche.

- È poco denso
- Tende ad attraversare i materiali
- Reagisce con altre sostanze
- Potenziale impatto ambientale

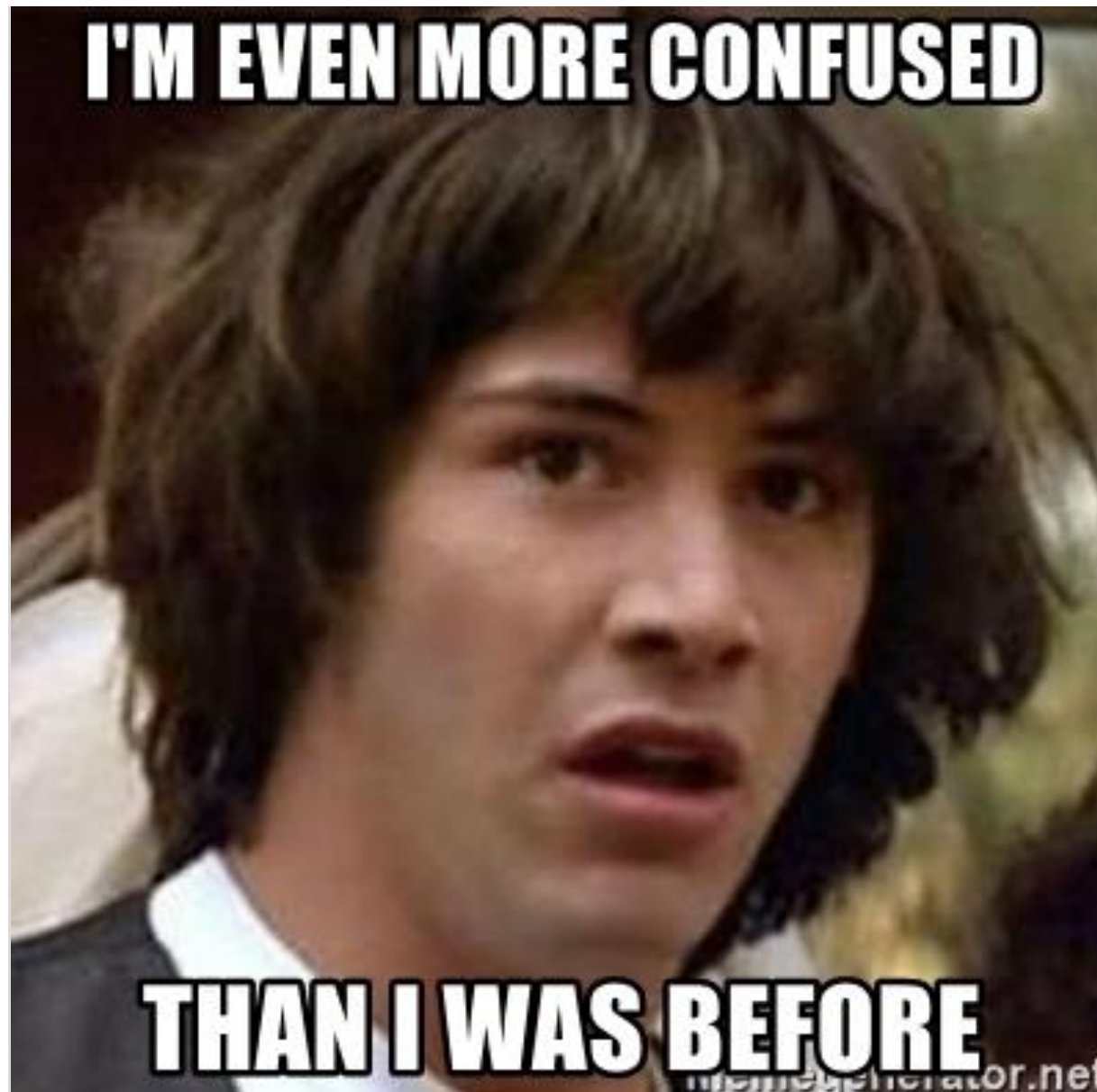


Quanto costa l'idrogeno?

L'economia dell'idrogeno deve tenere conto di 2 tipi di costo:

- Costo energetico
- Costo economico

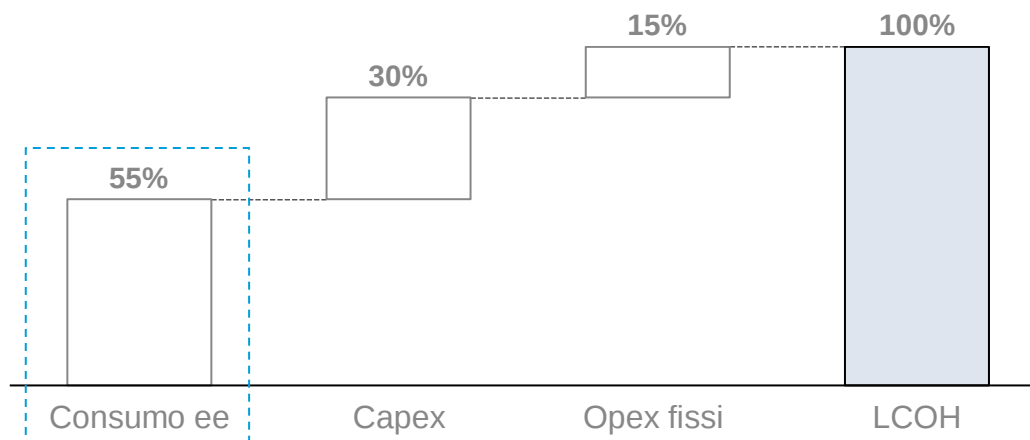
La risposta finale, al momento, è
BOH



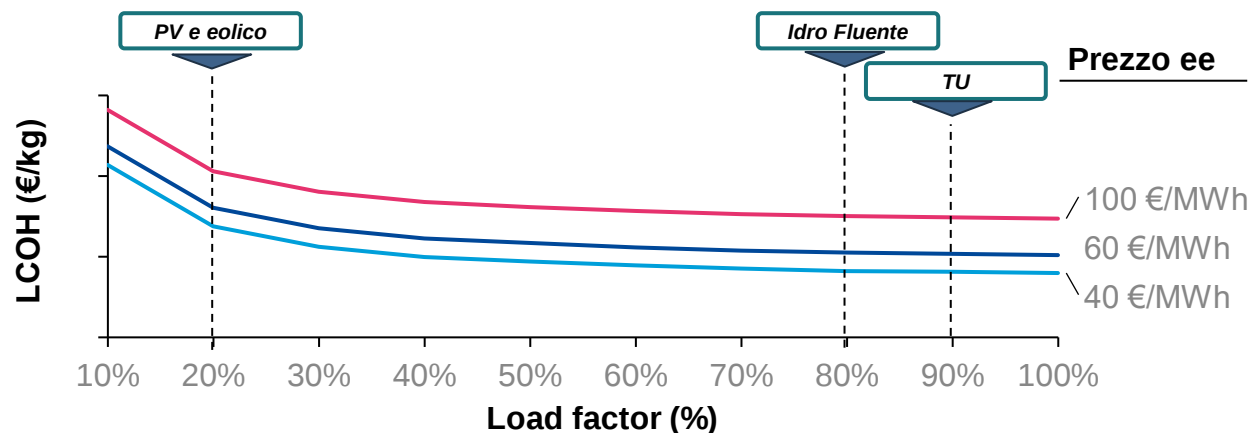
Quanto costa produrre idrogeno rinnovabile

Energia elettrica e load factor i principali driver del costo di produzione

Costo di produzione idrogeno (LCOH)

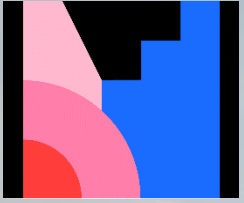


Effetto Load Factor su LCOH



Come avviare il mercato?

- **Incentivi:** per colmare il gap tra quanto costa produrre e quanto l'utilizzatore è disposto a spendere
- **Finanziamenti:** per mettere a terra impianti con più facilità che impattino meno sul costo di produzione

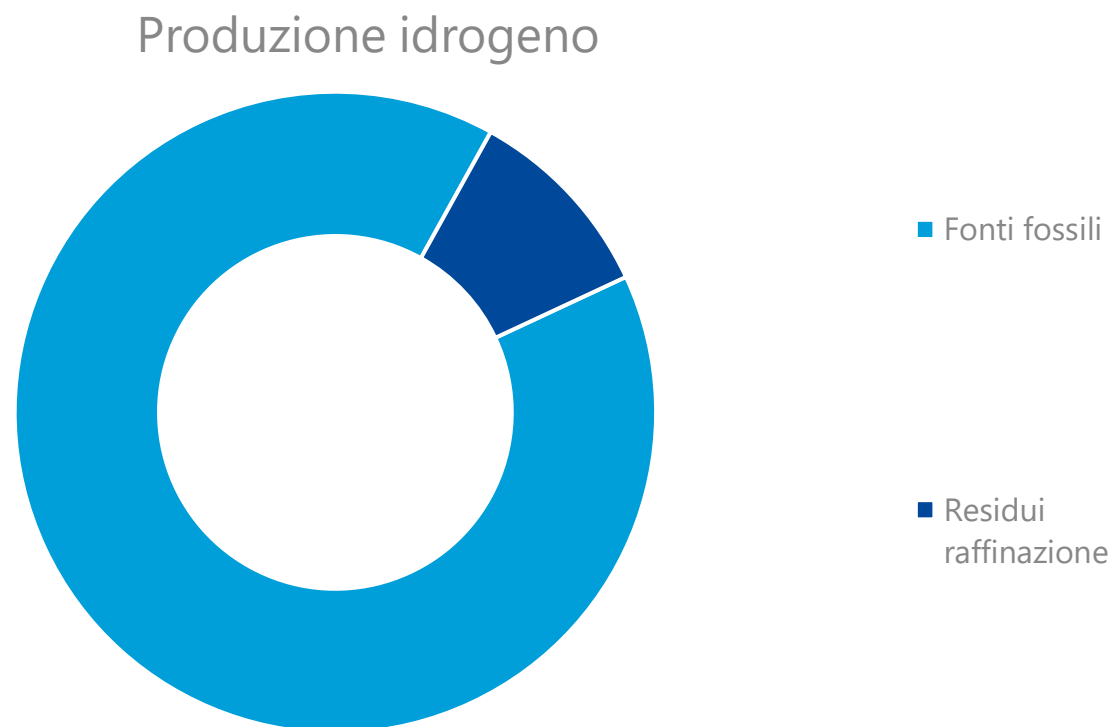


Come produco l'idrogeno oggi

Quanto idrogeno produco da fonti fossili?



Idrogeno prodotto da fonti rinnovabili (dati IEA 2020)





Il futuro

65

Il futuro

- La produzione e lo sfruttamento di idrogeno si basano su tecnologie mature, ma il nostro sistema produttivo non è pronto.
- Produrre energia da combustibili fossili è ancora troppo conveniente.
- Produrre idrogeno da fonti fossili costa ancora 1/3 rispetto alle fonti rinnovabili (IEA 2020)

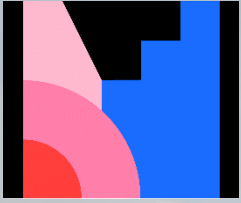


Il futuro

Siamo abituati a sfruttare energia accumulata da milioni di anni e solo ora iniziamo a capire che questo metodo non può continuare.

Produrre l'energia necessaria e convertirla in parte in idrogeno, sarà complesso e molto costoso.





Produzione di idrogeno nel 2050

Quanto crescerà la produzione di idrogeno nel futuro?



Il futuro

L'idrogeno non risolverà ogni problema. Dovremo imparare a ridurre gli sprechi e abituarci che l'energia in futuro non sarà più qualcosa da dare per scontato.



Come indirizzare gli sviluppi futuri

Concentrarsi sullo sviluppo tecnologico e sulla penetrazione delle FER



Miglioramento tecnologico



- **Miglioramento efficienza elettrolizzatori:** già in corso ricerca su tecnologie che permettano di superare gli attuali benchmark di efficienza (55-60%) raggiungendo ~80%
- **Valutazione modalità di produzione alternative:** valutazione altre modalità alternative di produzione di idrogeno «low carbon» meno dipendenti da utilizzo energia elettrica



Riduzione costo energia elettrica rinnovabile



- **Aumento mix energetico rinnovabile:** il progressivo aumento della presenza di rinnovabili permetterà una riduzione del prezzo medio dell'energia elettrica in determinati periodi della giornata
- **Utilizzo surplus di produzione elettrica:** a tendere, le ore di maggiore produzione rinnovabile vedranno una generazione di energia non utilizzata che potrà essere riconvertita in idrogeno a costo zero

GRAZIE